Lane Medical Library

Untersuchungen

über die

Verschlechterung der Luft durch Gasheizapparate.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe

verfasst und der

hohen medizinischen Facultät

der

Kgl. b. Ludwigs-Maximilians-Universität zu München

unter dem Präsidium des

Herrn Geheimrath Dr. von Pettenkofer
Professor der Hygiene

vorgelegt von

Richard Knorr,
appr. Arzt aus München.

München 1890.
Druck von R. Oldenbourg.

Untersuchungen

über die

Verschlechterung der Luft durch Gasheizapparate.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe

verfasst und der

hohen medizinischen Facultät

der

Kgl. b. Ludwigs-Maximilians-Universität zu München

unter dem Präsidium des

Herrn Geheimrath Dr. von Pettenkofer
Professor der Hygiene

vorgelegt von

Richard Knorr,
appr. Arzt aus München.

München 1890.
Druck von R. Oldenbourg.

Dem lieben Grossvater

Generalconsul W. F. Grathwohl

gewidmet

in Dankbarkeit und Verehrung.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154015_0120

Eine Prüfung der in jüngster Zeit in Aufnahme gekommenen Gasheizapparate vom sanitären Standpunkte aus ist, soweit dies aus der hygienischen und der technischen Literatur ersichtlich, bis jetzt nicht erfolgt. Es ist dies in gewissem Grade begreiflich bei der relativ immer noch geringen Verbreitung, deren sich die Gasheizung, England abgesehen, erfreut. Zum grossen Theil erklärt sich jedoch der Mangel an exacten Untersuchungen durch den Umstand, dass man die bisher gesammelten Erfahrungen über das Heizen mit anderen Brennmaterialien ohne weiteres auf das Leuchtgas übertrug. Wenn die Verbrennung des Leuchtgases unter denselben Bedingungen wie die des Holzes oder der Steinkohle in unseren Oefen vor sich ginge, wäre ein solcher Schluss berechtigt. Sobald jedoch in der Construction der Oefen wesentliche Veränderungen zum Zweckeder Verwendung von Leuchtgas vorgenommen werden, ist eine derartige Folgerung falsch.

Da das Leuchtgas durch die Verbrennung sehr vollkommen zerlegt wird — es bilden sich bekanntlich bei vollkommener Verbrennung nur Kohlensäure und Wasserdampf — so ist es in dieser Beziehung den älteren Brennstoffen, Holz und Steinkohle überlegen. Rauch und Russ werden bei der Beheizung nie schädlich

wirken. Ebenso wird die bei Steinkohlenverbrennung so leicht auftretende Gefahr einer Kohlenoxydentwicklung nur ganz ausnahmsweise zu befürchten sein.

Sieht man von den Gefahren ab, die das Leuchtgas beim Transport bietet, den aus Rohrbrüchen entstehenden Gasvergiftungen, die mit Einführung des Gases zu Heizzwecken nicht vermehrt werden, erwägt man, dass Explosionen seit Einführung des Leuchtgases überhaupt nur selten beobachtet wurden, so kommt man zu der Annahme, dass die Gasheizung ebenso hygienisch unbedenklich als rationell und praktisch ist. Die Gasheizung selbst ist vom Standpunkte des Hygienikers ebensowenig zu beanstanden als die Gasbeleuchtung, vorausgesetzt, dass die oben erwähnten Gefahren nach Möglichkeit vermieden werden Dasselbe kann jedoch nicht von allen Gasöfen behauptet werden. Es kommt eben nicht so sehr darauf an, was wir verbrennen, sondern wie wir verbrennen, oder mit anderen Worten auf die Construction der Oefen. Mit der Einführung des Gases als Brennstoff wurden neue Apparate nothwendig wegen der physikalischen Verschiedenheit des neuen Materiales. Weitere Modificationen wurden nothwendig durch den immerhin erheblichen Preis des Leuchtgases. Um erfolgreich in Concurrenz zu treten, mussten ausser einer Preisreduction für Heizzwecke von Seite der Gasproducenten auch billig zu heizende Gasöfen eingeführt werden. Möglichste Ausnützung der Wärme ist das Princip; eine Reihe von Arbeiten wurde über diesen Gegenstand geliefert.

Aehnlich den Regenerativbrennern zu Beleuchtungszwecken gibt es Regenerativöfen, und man muss gestehen, die Gasindustrie hat es hierin zu erstaunlichen Erfolgen gebracht. Aber in diesem Bestreben nach vollständigster Ausnützung des im Gase befindlichen Heizwerthes gerieth man auf Abwege. Da bei Hinwegführung der Verbrennungsgase ein nicht unbeträchtlicher Theil der gelieferten Wärme für die Heizung unbenützt verloren geht, suchte man nach Vorrichtungen, die diesen Uebelstand möglichst beseitigten. In manchen Fällen verzichtete man absichtlich auf die Abführung der Verbrennungsproducte und liess dieselben in

den Raum eintreten. Fand ja hiebei doch nichts anderes statt, als was wir uns seit Jahrzehnten gefallen lassen, wenn wir uns in mit Gas beleuchteten Räumen aufhalten. Dass in gewissem Sinne eine Luftverschlechterung stattfinden muss, ist klar, aber es sind ja dieselben Gase, die jeder Mensch ausathmet. Und da die Verbrennungsgase weder dem Gesicht noch dem Geruch sich offenbarten, wurden sie von manchen Gastechnikern geradezu als nicht vorhanden betrachtet. So ist es zu erklären, dass gegenwärtig eine grosse Menge von Heizapparaten existirt, die, ohne jeden Abzugskamin versehen, ihre Verbrennungsproducte der Zimmerluft mittheilen.

Dieser Umstand, der für die kleinen Gasheizapparate, für Rechauds, Bügelheizapparate etc. etc. so ziemlich bedeutungslos ist, da auf sie die für Gasbeleuchtungsflammen geltenden Erfahrungen in Bezug auf Luftverschlechterung anwendbar sind, ist für grössere Oefen, in denen beträchtliche Mengen von Gas zur Verbrennung gelangen von der grössten Wichtigkeit. Wie ich einer Zusammenstellung von Oefen im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung Jahrgang 1888 entnehme, ist ein Consum von 1000 l Gas pro Stunde bei diesen Oefen durchaus nicht selten. Es entspricht dies einer Bildung von 1600 l Kohlensäure. Dazu kommt, dass die Räume, in denen so grosse Leuchtgasmengen verbraucht werden, sehr häufig nur geringe Dimensionen aufweisen; es gilt dies insbesondere von Küchen und Badezimmern, deren Kubikinhalt meist nur 40—60 cbm beträgt, in manchen Fällen jedoch ein viel niedrigerer ist. Aus rein theoretischen Gründen, selbst bei Berücksichtigung der durch die natürliche Ventilation sich ergebenden Modificationen, kann eine recht beträchtliche Luftverderbnis in solchen Fällen angenommen werden.

Nach dem bisher Dargelegten ist bei einer Beurtheilung von Gasheizapparaten in erster Linie die Art der Abfuhr der Verbrennungsgase zu berücksichtigen und es zerfällt demnach die grosse Menge dieser Apparate in zwei grosse Gruppen:

1. Solche mit zweckmässiger Abzugsvorrichtung für die Verbrennungsproducte.

2. In solche ohne eine solche überhaupt oder solche mit fehlerhafter Esse.

Von der letzteren Gruppe interessiren nur die grösseren Oefen, insbesondere Badeöfen, Küchenherde.

Entsprechen nun diesen theoretischen Annahmen die Thatsachen, d. h. sind Fälle bekannt, in denen bei der Benützung dieser fehlerhaften Apparate eine Luftverderbnis oder gar schädliche Folgen constatirt werden konnten? Ich war bemüht aus der mir zugänglichen Literatur besonders der gastechnischen derartige Beobachtungen aufzusuchen, konnte indess nur einzelne ziemlich ungenaue Angaben finden, die die obigen Auseinandersetzungen zu stützen schienen, genauere exacte Unternehmungen, aus denen sich praktische Schlüsse zur sanitären Beurtheilung ergeben hätten, sind meines Wissens nicht vorhanden.

Aus England, wo die Gasheizung sehr verbreitet ist, hätte man am ehesten Mittheilungen über derartige Fälle erwartet. Jedoch wird hier nirgends, soweit ich erfahren konnte, Klage über Luftverschlechterung durch Gasöfen geführt. Es hat somit den Anschein, als ob dort Heizapparate unserer ersten Gruppe zur Verwendung gelangen. Bei dem daselbst so billigen Gaspreise von 10, 9, ja sogar 8 Pf. pro cbm (für Heizzwecke) hat man es nicht so sehr nöthig, die abziehenden Gase in Bezug auf ihre Wärme in der Weise auszunützen, wie dies bei unseren deutschen Constructionen zum Theil geschieht. Eine bessere Ventilation ist hiermit bewirkt. Leider war es mir bisher nicht möglich, genauere Daten über die in England gebräuchlichen Gasöfen zu erlangen; auf jeden Fall wären hiermit wichtige Schlüsse auf die Brauchbarkeit dieser Apparate zu ziehen gewesen, wenn man erfährt, dass in London die Gaslight and Coke Co. bis zum Jahre 1885 4000 Gasöfen verliehen hatte. Ebendaselbst gab die South Metropolitan Gas Co. innerhalb dreier Jahre 2500 Gasöfen aus, und ähnliches gilt für andere englische Städte.

Soweit aus der mir zugänglichen Literatur zu entnehmen, wurden in England trotz der bedeutenden Verbreitung der Gasheizapparate nirgends Uebelstände beobachtet.

Ganz anders liegen die Verhältnisse in Deutschland. Obwohl auch hier keine argen Missstände oder gar Unglücksfälle eigens berichtet werden, herrscht beim Publicum dennoch eine gewisse Abneigung gegen das Heizen mit Gas. Und selbst die mannigfachen Anstrengungen der Gasproducenten, wie sie sich in der Veranstaltung von Ausstellungen von Gasheizapparaten, in der Verbreitung populärer Brochüren, in dem Anbieten günstiger Preisbedingungen offenbarten, konnten nur allmählich eine grössere Verwendung derartiger Heizeinrichtungen erzielen. An diesem Misserfolge, den alle fachmännischen Kreise zugeben, ist abgesehen von dem noch immer hohem Gaspreise das Vorhandensein abzugsloser Gasöfen schuld. Durch die Fabrication derartiger fehlerhafter Apparate wird die Gasheizung in den Augen des Publicums discreditirt.

Auch von einigen Gasfachmännern wird die Unzulässigkeit genannter fehlerhafter Gasöfen anerkannt, wenn auch nirgends erheblicherer Missstände Erwähnung geschieht. Bei dem grösseren Teile der Gastechniker herrschen hierüber noch zu optimistische Anschauungen, was sich aus der immerhin nicht unbedeutenden Verbreitung derartiger Heizvorrichtungen ergibt.

In folgendem gebe ich in chronologischer Reihenfolge die Urtheile einiger hervorragender Fachmänner.

So spricht sich Schulze auf der XXV. Jahresversammlung des deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern in Salzburg gelegentlich der Vorführung des Siemens'schen Leuchtgasregenerativofens in folgender Weise aus:

»Man lässt die Gase in eine Hausesse entweichen, deren Zug jedoch nicht für den Ofen erforderlich ist; man kann also beim Fehlen eines Abzuges die Gase auch ins Zimmer treten lassen, um so eher, als die Verbrennung eine sehr vollkommene war und viele schädliche Dünste im Ofen concentrirt werden; jedoch sollte dies nur ausnahmsweise geschehen.«

Bestimmter in dieser Rücksicht äussert sich Tusche auf der XXVI. Versammlung von deutschen Gasfachmännern zu Eisenach aus, gelegentlich eines Vortrages über Kochen und Heizen mit Gas. (Journal f. Gasb. und Wasservers. 1886).

»Bei unvollkommener Verbrennung tritt jener unangenehme und belästigende Geruch ein, der so leicht die Koch- und Heizapparate in Misskredit bringt und ist in dieser Hinsicht mit der grössten Gewissenhaftigkeit zu verfahren. Man sollte keinen Apparat aus der Hand geben, der nicht gründlich probiert ist. So existiren Bügeleisen, bei denen die Verbrennung eine unvollkommene ist und die darum einen so üblen und schädlichen Geruch verbreiten, dass ihre Brauchbarkeit absolut ausgeschlossen ist. Derartige Apparate können recht grossen Schaden (in Bezug auf die Einführung des Heizens mit Gas gemeint) anrichten.

Wenn aber auch das Gas vollständig zur Verbrennung gelangt, so können doch bei kleinen und niederen Küchenräumen Fälle vorkommen, wo die Verbrennungsproducte in Gemeinschaft mit den Küchendünsten belästigend wirken. Man wird darauf achten müssen, dass das Kochen in geschlossenen Herdräumen oder bei guter Ventilation und guten Abfängen in der Küche geschieht.«

Am präcisesten spricht sich Coglievina in dieser Hinsicht aus in einem im Journ. f. Gasb. u. Wasserv. 1887 erschienenen Aufsatze »Zur Einführung der Gasheizung unter Beibehaltung der bestehenden Oefen und Kamine«. Darin sagt er von abzugslosen Gasheizapparaten:

»Derlei Vorrichtungen, einmal wirklich in Verwendung gekommen, heizen die betreffende Räumlichkeit nicht, erfüllen sie dafür mit übelriechenden, ja direct schädlichen Verbrennungsgasen.« Er fordert daher Trennung der Zimmerluft von den Verbrennungsproducten bei möglichst rascher Abführung derselben ins Freie.

Aus diesen Urtheilen einiger Fachleute geht hervor, dass man schädliche Folgen dieser fehlerhaften Heizmethoden kannte. Es fehlen jedoch nähere Untersuchungen über die Art dieser Folgen, ferner existiren nur unklare Vorstellungen über die Natur der schädlichen Gase und zudem sind diese Thatsachen nicht allgemein bekannt, wie aus den Klagen der erwähnten Autoren

hervorgeht. Dem entspricht auch das häufige Vorkommen von Gasapparaten ohne Kamin und z. B. ein in München sehr verbreiteter Gasbadeofen, der von Houben, auch Aachener Wasserstromapparat genannt, ein sonst ganz ingeniöser und praktischer Apparat, der in Brüssel prämiirt wurde, und dessen Beschreibung weiter unten folgt, leidet an dem Fehler, dass die Verbrennungsgase in das Zimmer ausströmen.

Soweit lauten die Urtheile der Techniker die zum Theil sehr auseinandergehen. Es wäre nun von Interesse die Erfahrungen der Aerzte über diesen Punkt zu hören; allein hier fehlen Mittheilungen. Somit erscheint es berechtigt wenn in nachstehendem zwei in jüngster Zeit vorgekommene höchst eigenthümliche, durch fehlerhafte Gasheizapparte hervorgerufene Unglücksfälle aufgeführt werden.

Den einen Fall hatte ich selbst Gelegenheit zu beobachten, bezüglich des anderen Falles standen mir zuverlässige Mittheilungen zu Gebote. Diese beiden Fälle waren es, die diese Untersuchungen veranlassten, sie sind sehr geeignet in die Frage nach der sanitären Zulässigkeit der Gasöfen Licht zu bringen, so dass eine ausführlichere Schilderung derselben am Platze zu sein scheint.

Bezüglich der Localität ist zu bemerken, dass beidemale in einem und demselben Badezimmer einer Privatwohnung es war, wo die Unglücksfälle sich zutrugen. Das Wasser zum Bade wurde mit einem Gasbadeofen erwärmt, dessen Construction der des Aachener Badeofens sehr ähnelt, bezüglich dessen mir jedoch leider nicht möglich war, genauere Angaben zu erhalten. Es ist dies auch bis zu gewissem Grade irrelevant. Nur soviel ist wichtig, dass der Ofen ein Abzugsrohr für die Verbrennungsgase besass; allerdings war dasselbe nicht sehr zweckmässig angebracht, wie die Thatsachen ergaben. So mündete dasselbe, ein sehr schmales Rohr, ohne mit einem grösseren Kamine in Verbindung zu stehen, nach kurzem Verlaufe von 2—3 m ins Freie. Das Zimmer selbst, das eine Thüre und ein Fenster besitzt, hat einen Flächeninhalt von 12,75 qm, Höhe beträgt 3,25 m, Kubikinhalt 41 cbm

I. Fall.

Eine Dame hatte ein Bad genommen. Als dieselbe länger als gewöhnlich im Badezimmer verblieb wurde man besorgt und klopfte an der Thüre. Da keine Antwort erfolgte, wurde das verschlossene Zimmer von den Mägden gewaltsam geöffnet. Man fand die Frau bewusstlos in halb angekleidetem Zustande in eine Chaise longue zurückgesunken. Beim Betreten des Zimmers, das nur ungefähr 3 Min. nach dem Auffinden der Frau stattfand, traf ich dieselbe in comatösem Zustande. Die Herzthätigkeit war etwas frequenter als normal, äusserst schwach; die Respiration langsam und unregelmässig erfolgend. Eine leichtgradige Cyanose des Gesichtes war vorhanden. Nach Verbringung in das Schlafzimmer schwand bei der Einwirkung von Reizmitteln und frischer kalter Luft das tiefe Coma und machte Convulsionen besonders der oberen Extremitäten Platz. Tic rotatoire. Nach kürzerer Zeit kehrte das Bewusstsein plötzlich wieder. Patientin erkannte rasch die Situation. Von da an bleibt dieselbe vollständig klar und verspürte nur leichten Kopfschmerz. Nachkrankheiten traten nicht ein.

Die Deutung dieser Symptome machte anfangs Schwierigkeit. Differential diagnostisch kam ausser den schweren Neurosen nur die Möglichkeit einer Intoxication in Betracht. Der ganze Symptomencomplex sprach mehr für den letzteren Fall. Eine Reihe von Umständen widersprach jedoch dieser Anschauung. So naheliegend es war, die Gasheizung zu beschuldigen, so konnte man doch nur einen Verdacht hegen. Weder von der Patientin noch von den zuerst hinzugekommenen Personen wurde ausser einem leichten Geruche etwas Auffälliges bemerkt. Mir selbst fiel, als ich hinzukam und bereits ein Fenster geöffnet war, ebenfalls ein eigenartiger Geruch auf, den ich auch bei meinen späteren Experimenten wieder traf. Zudem war schon einigemale in dem Zimmer ohne jeden Nachtheil gebadet worden. An ein Ausströmen von Leuchtgas war nicht zu denken, für's erste zeigte sich am Apparate kein Defect und dann wurde von niemand der so charakteristische Leuchtgasgeruch beobachtet. Auch die aufgetretenen Symptome liessen sich nur schwer als Kohlenoxydvergiftung deuten. Die Verbrennungsproducte schliesslich schienen durch den Kamin abgeführt worden zu sein.

Somit wäre der Fall gewissermassen unaufgeklärt geblieben, hätte sich nicht nach ganz kurzer Zeit in demselben Badezimmer ein ähnlicher und noch charakteristischerer Fall zugetragen.

II. Fall.

Diesmal erkrankten drei Knaben zu gleicher Zeit unter den auffälligsten Erscheinungen. Dieselben wurden in das Badezimmer verbracht, nachdem das Wasser bereits erwärmt worden war. Fast unmittelbar darauf fielen dieselben einer nach dem anderen ohnmächtig um. (Das Alter derselben beträgt 7, 3, $1^3/_4$ Jahre.) Als dieselben durch das Kindsmädchen sofort aus dem Raume verbracht wurden, erholten sie sich rasch, ohne jede Reizerscheinungen, auch traten in diesem Falle keine Nachkrankheiten auf. Das Dienstmädchen, das etwas kürzere Zeit sich im Raume befand, hatte in Folge der Aufregung über diesen Vorfall etwaige Beschwerden nicht beachtet.

Beide Fälle im Zusammenhang betrachtet sind so characteristisch für die Auffassung als Intoxication, und besonders das gleichzeitige Erkranken dreier Personen war so auffällig, dass man einen Fehler in der Heizanlage als Ursache annehmen musste. Hiemit traten indess weitere Schwierigkeiten in der Deutung auf.

Leuchtgasvergiftung war von Anfang an unwahrscheinlich, wie oben auseinandergesetzt wurde. Es blieb somit nur die Annahme, dass es sich um eine Vergiftung durch die Verbrennungsgase handle, übrig. Dem stand auch nicht das Vorhandensein eines Abzugskamines entgegen.

Es muss angenommen werden, dass in beiden Fällen die Gase nicht abgeführt wurden, sondern sich der Zimmerluft mittheilten. Es konnte daran schuld sein eine zu geringe Erwärmung der Kaminluft. Da die Verbrennungsgase in dem Gasofen ihre Wärme an das sie berührende Wasser abgaben, das ungefähr um 20° erwärmt wurde, war natürlich bei einer geringeren Temperaturdifferenz gegenüber der freien Luft ein Zurücktreten der Verbrennungsgase ermöglicht. Dies ist um so wahrscheinlicher, da das Zimmer nicht stark geheizt war. Begünstigt wurde dasselbe offenbar durch die z. Z. herrschende herbstliche Witterung. Leider war es mir nachträglich nicht mehr möglich, die Data der beiden Unglücksfälle und hiemit die so wichtigen meteorologischen Tagessignaturen zu eruiren.

In dem relativ kleinen Raum von 40 cbm musste durch die Anhäufung einer so grossen Menge von Verbrennungsproducten eine derartige Luftverderbnis entstehen, dass sensible Personen,

namentlich Kinder, schwere Erscheinungen zeigten. Bei den Kindern die ganz unvermittelt aus der reinen Luft in die schlechte gebracht wurden, sahen wir plötzlichen Ausbruch der Intoxicationserscheinungen und bei der kurzen Einwirkung der Noxe, ebenso rasche Erholung; bei der Frau handelte es sich um eine cumulative Wirkung, sie musste während der ganzen Zeit, in der sie sich im Bade befand, die verdorbene Luft geatmet haben, da sie beim Ankleiden durch die Ohnmacht überrascht wurde. Dem entsprach ein längerer Verlauf der Vergiftungserscheinungen.

Zu einem genaueren Verständnis der beobachteten Intoxicationen war jedoch notwendig auf die Qualität und Quantität der hiebei wirksamen einzelnen Bestandtheile der Verbrennungsproducte des Steinkohlengases näher einzugehen, die Bedingungen zu studiren, unter denen sie bei den gegenwärtig üblichen Gasöfen ohne Rauchabzug auftreten und ihre Einwirkung auf den menschlichen Organismus festzustellen. Ich entschloss mich daher ermuntert durch Herrn Geheimrath von Pettenkofer und Herrn Professor Emmerich praktische Untersuchungen über diesen Gegenstand anzustellen.

Bei der Verbrennung des Leuchtgases entstehen im wesentlichen zweierlei Gase, Wasserdampf und Kohlensäure. Die genauere Berechnung der Menge jedes der beiden Gase hängt von der Qualität des Leuchtgases ab. Davon ist jedoch auch der Gehalt an anderen in geringer Menge zuweilen auftretenden Gasen bedingt.

Von ebenso grossem Einfluss ist die Art der Verbrennung d. h. ob sie vollständig oder unvollständig ist. Nach Erismanns Untersuchungen verhalten sich Petroleum : Rüböl : Leuchtgas : Kerzen in Bezug auf Verunreinigung der Luft durch Producte unvollständiger Verbrennung wie 1 : 4 : 4 : 7. Es nimmt also das Gas hier eine mittlere Stellung ein. Eine zu geringe Luftzufuhr gibt eine russende Flamme, eine zu grosse Luftmenge erniedrigt die Temperatur zu stark und erzeugt ebenfalls Russ, der nach den Untersuchungen Franklands kein reiner Kohlenstoff, sondern ein Conglomerat dichter Kohlenwasserstoffe ist, sowie eine Menge

übelriechender Destillationsproducte. Es sind jedoch die hiebei in Frage kommenden Verbindungen bisher noch wenig bekannt, ihr Nachweis ist ein sehr umständlicher und schwieriger. Vom hygienischen Standpunkte ist also ihre Beurtheilung zur Zeit nicht möglich. Jedenfalls hat Erismann Recht, wenn er sagt, je weniger solche Stoffe in der Zimmerluft vorhanden, desto besser sei es.

So ist durch Berthelot und Moreau (Annales de chimie 1886) nachgewiesen, dass sich bei unvollkommener Verbrennung des Leuchtgases Acetylen C_2H_2 bildet, ein Gas, das bei 1% bereits Narcose erzeugt. Dasselbe ist durch seinen üblen Geruch kenntlich.

Andere Kohlenwasserstoffe, die sich eventuell bilden können, sind indifferent oder weniger gefährlich, soweit nach den bisherigen Erfahrungen geschlossen werden kann.

Eine Untersuchung nach dieser Richtung, so wünschenswerth sie gewesen, musste aus mehreren Gründen unterbleiben. Für's erste wären dadurch Schwierigkeiten erwachsen, die voraussichtlich in keinem Verhältnisse zu den erreichbaren Resultaten gestanden wären. Sodann aber hatten die in folgendem mitgetheilten Untersuchungen ein Ergebnis, dass man den hier berührten unvollkommenen Verbrennungsproducten eine untergeordnete sanitäre Bedeutung beilegen musste.

Wichtiger ist die Frage nach der Bildung von Kohlenoxyd, das sich bei mangelhafter Verbrennung des Leuchtgases bilden konnte, wenn auch in geringer Menge. Gréhant (Journ. de l'anatomie et de la physiol. T. XXV, No. 5 1889) hat hierüber werthvolle Untersuchungen angestellt. Obwohl die in beiden Fällen beobachteten Symptome eine Kohlenoxydvergiftung nicht wahrscheinlich machten, so musste dennoch bei den Untersuchungen auf die Anwesenheit dieses Gases Rücksicht genommen werden, umsomehr als einfachere und brauchbare Methoden zum Nachweise gegeben sind.

Viel Aufsehen hat schon immer die Frage nach dem Auftreten von schwefliger Säure unter den Verbrennungsproducten des Leuchtgases gemacht. Ja man hat besonders in England

genaue gesetzliche Bestimmungen über den zulässigen Schwefelgehalt des Leuchtgases. Der im Gase vorhandene Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff und ein nicht näher characterisirter schwefelhaltiger Dampf verbrennen zu schwefliger Säure. Nach Joung (Zeitschrift für Gasbel. u. Wasservers. 1877 S. 228) soll sich auch Schwefelsäure bilden.

Nach den Untersuchungen Geheimrath von Pettenkofers können dieselben nicht von Bedeutung sein. Ueberzeugend ist ein von demselben ausgeführter Versuch. In einem 1 cbm fassenden Digestorium, das wenig ventilirt wurde, wurden 840 l Steinkohlengas verbrannt. Es konnte damals von verschiedenen Personen, die zeitweise diese Luft athmeten oder rochen, nicht im geringsten die Anwesenheit von schwefliger Säure wahrgenommen werden. Auch eine nachfolgende chemische Untersuchung ergab ein negatives Resultat.

Selbst für den Fall, dass der Schwefelgehalt des Leuchtgases zur Zeit der erwähnten Unglücksfälle ein höherer gewesen wäre, was bei dem vorzüglichen Herstellungsverfahren des Leuchtgases nicht anzunehmen ist, so hätte es sich doch nur um geringe Bruchtheile von SO_2 gehandelt, die kaum in Betracht gekommen wären, auf keinen Fall aber die bei beiden Intoxikationen beobachteten Erscheinungen hätten erklären können. Zudem ist der Geruch der schwefligen Säure so charakteristisch, dass sie nicht übersehen werden könnte.

Eine sehr interessante Thatsache ist das Vorkommen von Cyan oder Cyanverbindungen unter den Verbrennungsproducten des Leuchtgases. Es liegen hierüber nur wenige Beobachtungen vor, so z. B. die von Romily (Comptes rendus de l'Académie des Sciences T. 65.)

In stark russenden Flammen bei Gegenwart einer ziemlich bedeutenden Menge NH_3 kann sich Cyan eventuell Schwefelcyanverbindungen bilden. Da das Münchener Steinkohlengas nur geringe Mengen von Ammoniak enthält, so ist von Vornherein die Wahrscheinlichkeit einer Bildung der genannten Verbindung nicht gross.

Zudem tritt eine Wirkung der Blausäure erst dann ein, wenn bereits der so charakteristische Geruch sich bemerkbar macht. Auch der Verlauf der beiden beobachteten Intoxikationen spricht gegen die Anwesenheit von Cyan. Die grossen Schwierigkeiten, so kleine Mengen dieses Körpers in einem so grossen Luftquantum nachzuweisen, veranlassten mich, diesbezügliche Untersuchungen zu unterlassen.

Es restiren nunmehr die beiden Hauptverbrennungsproducte.

Die Bildung von Wasserdampf erzeugt in Verbindung mit höherer Temperatur ein unbehagliches Gefühl von Wärme und kann nicht leicht zu ernsten Störungen Anlass geben. Zudem ist die Luft auch in Badezimmern mit gewöhnlicher Badeeinrichtung mit Wasserdampf gesättigt.

Der Quantität nach am bedeutendsten ist die Bildung von Kohlensäure. Bei der Verbrennung, die meist eine recht vollständige ist, werden ungefähr aus einem Raumtheil Leuchtgas zwei Raumtheile Kohlensäure. Es müssen also aus theoretischen Gründen grosse Mengen Kohlensäure in einem kleinen Raume auftreten, sobald 1 cbm Leuchtgas zur Verbrennung gelangt.

Eine Art von Luftverschlechterung, die man übersehen könnte, da es sich nicht um Hinzufügung eines schädlichen Bestandtheils handelt, ist die Verminderung des Sauerstoffgehaltes. Es ist klar, dass mit der Verbrennung grosser Mengen Gas auch ein grosser Verbrauch von Sauerstoff Hand in Hand geht.

Nach den bisherigen Darlegungen kam es bei den Versuchen hauptsächlich darauf an, die durch den Gebrauch von Gasöfen bedingte Luftveränderung in Bezug auf

1. Kohlensäure,
2. Sauerstoff,
3. Kohlenoxyd,

zu prüfen, und erst im Falle negativer Ergebnisse waren weitere Eventualitäten zu berücksichtigen.

Bevor ich zur Schilderung der Versuche übergehe, erscheint es geboten, die hierbei angewandten analytischen Methoden in Kürze zu skizziren.

Die Kohlensäure wurde nach Pettenkofer's bekannter Titrirmethode mittels starker Barytlösung wegen der zu erwartenden hohen Kohlensäuremengen ausgeführt. Als Titrirflüssigkeit kam eine entsprechend concentrirtere Oxalsäurelösung zur Verwendung. Die Berechnungen fanden mit Berücksichtigung der durch Barometerstand und Temperaturhöhe bedingten Correcturen statt. Als Indicator diente Rosolsäure.

Zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes wurde Hempel's in der Zeitschr. f. analyt. Chemie Bd. 20, 1881 S. 499 angegebene Methode benutzt. Da dieselbe nicht so allgemein angewendet wird, dürfte eine kurze Erläuterung am Platze sein.

Hempel's Methode beruht darauf, dass der Sauerstoff von metallischem Kupfer bei Gegenwart folgender Flüssigkeit absorbirt wird. Sie besteht zu gleichen Theilen aus einer gesättigten Lösung des in Stücken käuflichen, anderthalbfach kohlensaueren Ammoniaks und einer einfach verdünnten Lösung des Ammoniaks von 0,93 spec. Gew. Als Apparat wurde eine ebendaselbst beschriebene einfache Gasbürette nebst einer Pipette für feste Absorptionsmittel benutzt. Aus der Differenz der gefundenen Volumina, die noch auf 760 mm Barometer-Stand und 0° C. reducirt wurden, berechnete man den Gehalt an Sauerstoff. Die in der zu untersuchenden Luftprobe vorhandene Kohlensäure wurde durch ungefähr 30 cm lange Vorlagen, die mit Natronkalk gefüllt waren, absorbirt. Die Anwesenheit von Kohlenoxyd, die zu Fehlern hätte führen müssen (das sich bildende kohlensaure Kupferoxydulammoniak absorbirt nämlich Kohlenoxyd) war durch Kohlenoxydanalysen mit negativem Erfolge ausgeschlossen.

Es verdient diese Methode von Hempel vor den gebräuchlichen Methoden mit pyrogallussaurem Kali oder Phosphor entschieden den Vorzug. Das Kupfer ist nämlich in der angeführten Lösung ein stärkeres Absorptionsmittel als das pyrogallussaure Kali und die Methode mit Phosphor hat ausser anderen Unannehmlichkeiten den Nachtheil, dass sie bei niederer Temperatur nur langsam von statten geht.

Die Luftproben zur Sauerstoffuntersuchung wurden in luftdichten Kolben transportirt.

Die Untersuchung auf Kohlenoxyd wurde in folgender Weise ausgeführt. Nach der im Lehrbuch von Emmerich und Trillich angegebenen Methode wurde mit Wasser verdünntes Blut in eine mit der zu untersuchenden Luft beschickten Flasche gebracht und geschüttelt. Davon wurden Proben spectralanalytisch untersucht. Diese Methode gestattet, noch CO bei 2,5 pro Mille in der Luft nachzuweisen. Eine quantitative Untersuchung mit Palladiumchlorür wäre bei positivem Erfolge ersterer Methode in Anwendung gekommen.

Eine Untersuchung an demselben Gasofen und in demselben Badezimmer, in dem die Vergiftungen zur Beobachtung gelangten, waren aus äusseren Gründen unthunlich. Ich wählte daher möglichst analoge Verhältnisse.

Zu den Versuchen benutzte ich einen in München gebräuchlichen Gasofen, den in dem von der Gasbeleuchtungsgesellschaft herausgegebenen Katalog und Preisverzeichnis von Gasheizapparaten 1888 abgebildeten Aachener Wasserstromofen. Eine genaue Beschreibung dieses auf der Brüsseler Ausstellung der Société gazière Belge als besten Gasbadeofen bezeichneten und prämiirten Apparates entnehme ich dem Journ. f. Gasbel. und Wasserversorgung 1885 S. 809.

Der von der Firma J. G. Houben Sohn Carl in Aachen hergestellte »Wasserstrom-Heizapparat mittels Gas« (D. R.-P. No. 27876) beruht auf dem Principe, dass durch directe Berührung der Heizgase resp. der durch dieselben erwärmten Luft mit dem Wasser eine möglichst vollkommene Ausnutzung der Wärme erzielt wird. Dieser Apparat liefert sofort nach Inbetriebsetzung continuirlich warmes Wasser, dessen Temperatur von 10° bis 50° R. beliebig regulirt werden kann.

Der Einlass des kalten Wassers geschieht durch den Ventilhahn *A*. Das Wasser wird bei seinem Eintritte durch den Wasservertheiler *C* in einzelne Tropfen zerstäubt, füllt das im Deckel *H* befindliche Drahtgewebe und rieselt durch den mit warmer Luft

gefüllten Drahtgewebecylinder *E* innerhalb des Isolirmantels *D* hinunter, wird dann von der um die Feuerung (resp. um den Kegel *F*) befindlichen Rinne aufgefangen und fliesst durch den mit der Rinne in Verbindung stehenden Ablauf *B* sofort erwärmt ab. Die von der Gasfeuerung *G* ausgehende, nach oben steigende warme Luft, resp. die Heizgase müssen den mit herunterrieselnden kleinen Wassertheilchen ganz gefüllten Drahtgewebecylinder *E* zunächst unterhalb der das Feuer vor dem Auslöschen schützenden runden gewölbten Scheibe von innen nach aussen, dann über dieser Scheibe wieder von aussen nach innen durchschneiden. Oben angelangt werden die Heizgase vom Wasservertheiler *C* reichlich bespült und müssen schliesslich, ehe sie zu den Abzugsöffnungen *J* gelangen, noch das ebenfalls mit Wassertheilchen angefüllte Drahtgewebe des Deckels durchziehen. Auf diese Weise geben die Heizgase ihre sämmtliche Wärme an das Wasser ab und treten dann gänzlich abgekühlt durch die Abzugsöffnungen *J* aus. Der Apparat bedarf nach der Ansicht des Erfinders keines Abzugrohres oder Kamins. Der Deckel ist nur lose aufgesetzt, so dass eine eventuelle Gasexplosion, welcher übrigens durch eine praktische Anzündervorrichtung möglichst vorgebeugt ist, keinen Schaden anzurichten vermag.

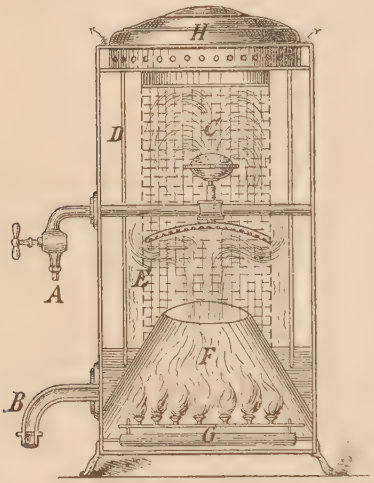

Fig. 1.

Der Versuchsraum, in dem der Aachener Badeofen stand und in dem die Luftuntersuchung gemacht wurde, ist das Badezimmer einer Privatwohnung. Dasselbe ist gegen Süden gelegen, von länglicher Gestalt und hat eine Fläche von 11,3 qm. Die Höhe beträgt 3,2 m; der Cubikinhalt 36,1 cbm. Das Zimmer besitzt statt eines Fensters eine nach einem Balkon gehende doppelte Flügelthüre, ihr gegenüber eine zweite auf den Gang führende

Thüre. Da das Zimmer früher als Küche benutzt wurde, befindet sich darin ein Kochheerd mit Rauchrohr, das in die Hauptesse mündet.

Es ist dies ein hinreichend geräumiges Badezimmer, wie es den Durchschnittsverhältnissen entspricht, auch ist es nur um ca. 5 cbm kleiner als das kritische Badezimmer. Somit können aus den Ergebnissen der Untersuchungen sichere Schlüsse auf die Beschaffenheit der Luft bei den beiden Unglücksfällen gezogen werden.

Wenn ich nunmehr zur Beschreibung der Versuche übergehe, muss ich bemerken, dass ich bestrebt war, möglichst natürliche Verhältnisse zu schaffen, wie sie sich täglich gelegentlich eines Bades ereignen. Damit war jedoch nicht ausgeschlossen, dass hygienisch möglichst ungünstige Bedingungen gesetzt wurden; denn nur unter solchen werden schädliche Folgen auftreten. Es wurde daher eine beträchtliche Menge Wasser, meist gegen 250 l erwärmt, wie sie für Erwachsene gefordert werden darf. Fenster und Thüre wurden sofort mit Beginn der Heizung geschlossen und blieben es bis einige Zeit nach Beendigung derselben. Einige Male musste die Thür vorübergehend kurz geöffnet werden. Bei Versuch I und III waren drei, bei Versuch II zwei, bei Versuch IV eine Person im Raume anwesend.

Bei Versuch III und IV wurden je zwei Bäder hintereinander geheizt. Es sollte hiermit auf den ebenfalls möglichen Fall Rücksicht genommen werden, dass zwei Bäder in kurzer Aufeinanderfolge ohne Lüftung des Baderaumes, wie dies namentlich im Winter aus ökonomischen Gründen häufig vorkommen dürfte, genommen werden. Bei Versuch III verstrich zwischen Ablöschen des Ofens und Wiederanheizung eine Zeit von 15 Min., im Versuch IV sogar eine solche von 21 Min. Während dieser Zeit wurden mehrmals die Thüren geöffnet. Es wird dies ausdrücklich erwähnt, damit nicht der Vorwurf erhoben werden kann, es seien bei den Versuchen eben abnorm ungünstige Bedingungen, wie sie sonst nie vorkommen, vorhanden gewesen.

Von grossem Einflusse auf die Ergebnisse musste die natürliche Ventilation sein. Bei kaltem oder bei windigem Wetter musste

dieselbe eine ungleich grössere sein, als bei warmer, windstiller Beschaffenheit der äusseren Luft.

Die Luftproben wurden bei den ersten Versuchen aus verschiedenen Höhen entnommen, hauptsächlich wurde die über dem Kopfende der Badewanne befindliche Luft untersucht.

Zur annähernden Beurtheilung der Luftqualität wurde in mehreren Versuchen das Verhalten von Kerzenflammen beobachtet. Die Menge des verbrauchten Leuchtgases konnte nur in runder Zahl bestimmt werden. Der Gehalt an Kohlensäure und Sauerstoff ist in Volumprocenten angegeben.

I. Versuch.

12. Dezember 1889. Ungeheiztes Zimmer. Anwesend drei Personen. Barometerstand 715 mm. Lufttemperatur 9° C.

Zeit	Temperatur	Gasofen	CO_2 %	Bemerkungen
10 h 30′	14,5°	vor Anheizung	**0,267**	
10 h 37′		angeheizt		Thüre muss zweimal kurz geöffnet werden.
11 h 4′				Schwedische Zündhölzer können nicht mehr angezündet werden.
11 h 9′	17,5°	abgelöscht		Bad fertig gestellt. 250 l Wasser von 33° R. Gasverbrauch ca. 1000 l.
			2,642	1 m über dem Fussboden am Kopfende der Wanne.
			2,250	0,1 m über dem Fussboden 1 m vom Gasofen entfernt.
				Kohlenoxyd nicht nachweisbar.
				Die Luft ist für sämmtliche drei Beobachter sehr unbehaglich.
11 h 21′	18,0°		**1,867**	1 m über dem Fussboden.

Diesem Versuch im ungeheizten Zimmer wurde nun ein anderer gegenüber gestellt bei Heizung des Zimmers, um den Einfluss der natürlichen Ventilation auf Kohlensäuregehalt, sowie auf die Vertheilung derselben im Raume zu studiren. Nach vollständiger Lüftung der Zimmer fand der Versuch II statt.

II. Versuch.

12. Dezember 1889. Geheiztes Zimmer. Anwesend zwei Personen. Barometerstand 715 mm. Lufttemperatur 10° C.

Zeit	Temperatur	Gasofen	CO_2 %	Bemerkungen
		vor Anheizung	**0,237**	
12 h 17′	14,5°	angeheizt		Mehrmaliges Oeffnen der Thüre nothwendig.
12 h 44′	20,0°			Zündholz erlischt. Unbehagliches Gefühl.
				Leichte Dyspnoe. Eigenthümlicher Geruch tritt auf.
12 h 49′	20,8°	abgelöscht		260 l Wasser 33°.
			2,305	1 m über dem Kopfende der Wanne.
			2,022	0,1 m über dem Boden am Fenster.
				Kohlenoxyd nicht nachweisbar.
1 h —	20,0°		**1,601**	1 m über dem Boden am Kopfende der Badewanne.

Eine Untersuchung des Sauerstoffgehaltes fand erst bei den späteren Experimenten statt.

Auffällig war, dass noch, bevor die Heizung beendet war, die schwedischen Zündhölzer nicht mehr brannten. Jedesmal wurde ein sehr unbehagliches Gefühl verspürt. Die Kohlensäure-

mengen, die sich ergaben, sind geradezu excessiv hohe gegenüber einem Gehalte der atmosphärischen Luft an Kohlensäure von 0,03 %. Selbst in schlecht gelüfteten überfüllten Localen, wie Kneipen, Arresten, Krankensälen steigt derselbe nicht leicht über 1 %. Der zulässige Grenzwerth für Wohnräume beträgt 0,07 %. Nach Lewin, Lehrbuch der Toxikologie ruft ein Gehalt von 3 % Vergiftungserscheinungen hervor.

Trotz diesem hohen Gehalte der Luft an Kohlensäure konnte nicht erklärt werden, weshalb der Verbrennungsprocess so schwierig von statten ging, nachdem andere Beobachter angeben, dass erst bei einem Gehalte von 6—8 % Kohlensäure auffällige Erscheinungen zu constatiren sind. Bei Emmerich's Experiment (Zeitschr. f. Brauwesen Bd. 1888) erlosch ein Kerzenlicht erst bei einem Gehalte von 8 % Kohlensäure. Bei dem gleichen Gehalte traten Vergiftungserscheinungen auf.

Es war dem Gesagten zufolge nicht erwiesen, dass die Kohlensäureanhäufung allein im Stande war, diese Erscheinungen zu erklären. Die bei beiden angegebenen Unglücksfällen aufgetretenen Symptome waren zu heftige, als dass die bisher gefundenen Kohlensäurezahlen, die ja immerhin abnorm hohe genannt werden dürfen, allein verantwortlich gemacht werden könnten.

Es ist nun möglich, dass in diesem Falle die natürliche Ventilation eine weit geringere gewesen war. Wie aus den Versuchen I und II hervorgeht, wird die CO_2 Menge dadurch bedeutend modificirt. Es wäre dann ein höherer Gehalt von Kohlensäure möglich gewesen.

Kohlenoxyd war durch mehrfache Analysen ausgeschlossen. Es ist also denkbar, dass eine Verminderung des Sauerstoffes vereint mit der Anhäufung der Kohlensäure im Spiele war. Darauf war nun bei den folgenden Untersuchungen Rücksicht zu nehmen. Eine bedeutende Verminderung des Sauerstoffgehaltes liess sich aus theoretischen Gründen erwarten bei dem grossen Quantum Leuchtgas, das zur Verbrennung gelangte, und der relativen Kleinheit des Raumes.

Es war indes nicht möglich, den so bedeutenden Einfluss der natürlichen Ventilation in dem Maasse wie beabsichtigt war,

auszuschalten. Aus äusseren Gründen konnten die Versuche nicht bis zum Eintritt der wärmeren Jahreszeit aufgeschoben werden, und so kam es, dass man sogar störendere Witterungsverhältnisse bei den Versuchen mit in den Kauf nehmen musste. Versuch III fiel in eine Zeit des Frostes, Versuch IV allerdings in die des Thauwetters, jedoch machte sich die zu gleicher Zeit herrschende böige Luftbeschaffenheit in störender Weise geltend.

Die Heizung von zwei Bädern hintereinander sollte diesen Einfluss wiederum ausgleichen, was jedoch nur theilweise gelang.

III. Versuch.

18. Dezember 1889. Ungeheiztes Zimmer. Anwesend drei Personen. Barometerstand 725 mm (+ 7° C.) Lufttemperatur — 6° C.

Zeit	Temperatur	Gasofen	CO_2 %	O %	Bemerkungen
	16,0°	vor Anheizung	**0,137**		
10 h 46′	16,0°	angeheizt			
11 h 6′					Kerzenflammen w. kleiner.
11 h 15′		abgelöscht	**1,860**	**19,96**	1 m über dem Boden am Kopfende der Wanne. 260 l Wasser 31° R.
			1,644		Am Boden.
11 h 26′					Es wird aus- und eingegangen. Thüre dreimal geöffnet.
11 h 30′	16,5°	wieder angeheizt			
11 h 44′					Kerzen brennen schlecht.
					Unbehagliches Gefühl bei allen drei Beobachtern.
11 h 54′	17,5°	abgelöscht			Kerze **erlischt!**
			2,394	**16,89**	1 m über dem Boden 270 l Wasser 31° R.
			2,331		2 m über dem Boden.
					Zwei Beobachter verspüren geringen Kopfschmerz.
12 h 4′	17,0°		**1,914**	**17,96**	Eigenthümlicher Geruch bemerkbar.

IV. Versuch.

23. Januar 1890 Nachmittags 3 Uhr. Anwesend nur Verfasser.
Barometerstand 697,5 mm (11° C.) Lufttemperatur + 10° C. Windiges Wetter.

Zeit	Temperatur	Gasofen	CO_2 %	O %	Bemerkungen
		vor Anheizung			
3 h —	14,2°		**0,236**		Lichtkegel ein. 2,5 cm dick. Stearinkerze 5,5 cm lang.
3 h 5′		angezündet			Thür zweimal geöffnet.
3 h 17′	16,8°				
3 h 26′					Lichtkegel d. Kerze 3,5 cm.
3 h 30′	18,4°	abgelöscht 1 cbm Gas	**1,890**		» » » 3,0 » trübes Brennen. Keine subject. Störungen.
3 h 45′					Zimmer wird verlassen.
3 h 50′	18,0°		**1,141**		
3 h 51′		angezündet			
4 h —	19,1°				Lichtkegel 2 cm hoch.
4 h 4′					Kerze erlischt!
4 h 6′	20,0°				Dyspnoe. Palpitationen. Schwindelgefühl. Athmung frequent vertieft. Puls beschleunigt.
4 h 15′		abgelöscht			
			2,780	**16,97**	Die Luft ist unerträglich.

Die Kohlensäurebestimmung bezieht sich auf die Luft über der Wanne.

Vergleichende Uebersicht der gefundenen Sauerstoff- und Kohlensäuremengen.

	I. Versuch	II. Versuch	III. Versuch	IV. Versuch
	Ba 715 mm T. + 9° C.	Ba 715 mm T. + 10° C.	Ba 725 mm T. — 6° C.	Ba 698 mm T. + 10° C.
Vor dem Versuch . . .	0,267	0,237	0,137	0,236
Nach der Heizung . . .	2,642	2,305	1,806	1,890
12 Min. nachher	1,867	1,601	—	—
15 » »	—	—	—	1,141
Nach der zweiten Heizung	—	—	2,394 (O% 16,89)	**2,780!** (O% 16,97)
10 Min. nachher	—	—	1,914 (O% 17,96)	—

Wie gross der Einfluss der natürlichen Ventilation ist, geht daraus hervor, dass bei Versuch III unter sonst gleichen Bedingungen, wie in Versuch I nur 1,8 % CO_2 gefunden wurde, gegenüber 2,6 % CO_2 des I. Versuches. Ja selbst nach einer zweiten Heizung stieg der Kohlensäuregehalt nur auf 2,39 %.

Die höchste Ziffer ergab sich im IV. Versuche. Bei geringerer Temperaturdifferenz wären sicher viel höhere Procentzahlen zum Vorschein gekommen. Derartige Verhältnisse treten im Frühjahre mit grosser Wahrscheinlichkeit auf.

Die Analysen von Luft aus verschiedenen Niveaus ergaben keine erheblichen Unterschiede. Wie Versuch I und II zeigen, war der Kohlensäuregehalt 1 m über dem Boden um einige Zehntel grösser als der am Boden. Eine Probe aus 2 m Höhe ergab einen geringen CO_2 Gehalt. Eine Ansammlung der schwereren Kohlensäure am Boden fand nicht statt. Durch Pettenkofer's und seiner Schüler Untersuchungen ist festgestellt, dass die Kohlensäure in bewohnten Räumen der Luft gleichheitlich beigemischt ist, ja sogar in den höheren Schichten in grösserer Menge auftritt. Es ist dies besonders der Fall, wenn die Kohlensäure wie in unserem Falle ihre Entstehung einer Quelle verdankt, die zugleich eine Temperaturerhöhung der umgebenden Luftschichten hervorbringt. Diese Verhältnisse, über die besonders Erisman, Forster und Voit gearbeitet haben, sind für unsere Zwecke belanglos. Wir dürfen eine so ziemlich gleichmässige Mischung der Luft annehmen.

Von grosser Bedeutung sind die erhaltenen Sauerstoffzahlen. Statt des normalen Gehaltes der atmosphärischen Luft von 20,9 % wurde gefunden nach einmaliger Heizung:

19,6 % O oder Verminderung um 1,3 %

nach zwei Bädern.

16,8 % O » » » 4,1 %

16,9 % O » » » 4,0 %

Es entspricht

einem CO_2 Gehalt von 1,8 % eine O Verminderung um 1,3 %

» » » » 2,3 % » » » » 4,1 %

» » » » 2,7 % » » » » 4,0 %

CO_2 Gehalt und Sauerstoffverminderung stehen, soweit sich dies aus den wenigen Versuchen ersehen lässt, nicht in einem bestimmten Verhältnisse zu einander.

Auch die Sauerstoffverminderung an sich wäre nicht im Stande, die beobachteten Erscheinungen zu erklären, da erst bei stärkerem Mangel an Sauerstoff dieselben für gewöhnlich eintreten.

Man hat es hier also wahrscheinlich mit einer combinirten Wirkung der Kohlensäureanhäufung und des Sauerstoffmangels zu thun.

Zu erwähnen ist noch die im Versuch IV gemachte Beobachtung, dass bei allmählicher Gewöhnung an die Luft de Raumes weniger leicht unangenehme Sensationen auftraten als bei plötzlicher Einwirkung der verdorbenen Luft. In letzterem Falle war der Aufenthalt im Zimmer unerträglich.

Bei der individuell verschiedenen Empfindlichkeit des Einzelnen ist die Möglichkeit vorhanden, dass unter den bisher gefundenen Concentrationsverhältnissen auch heftigere Reactionen auftreten. Das gilt für Kinder, reizbare oder kranke Personen. Insofern ist es zu erklären, dass bei beiden beobachteten Intoxikationen so heftige Symptome auftraten und der Schluss immer mehr berechtigt, dass es sich dabei nur um die Wirkung von Sauerstoffmangel und Kohlensäureanhäufung handelte. Ein absoluter Beweis hierfür lässt sich nie erbringen, da die betreffende Luft aus begreiflichen Gründen nicht untersucht werden konnte. Die durch die Versuche ermittelten Thatsachen, der Mangel widersprechender Beobachtungen drängen zu unserer Annahme. Und wenn man trotzdem eine derartige Erklärung der beiden berichteten Fälle anzweifelt, so ist immerhin erwiesen, dass in anderen Fällen eine derartige Intoxikation eintreten kann, welche Erkenntnis sicher von grösserem nämlich prophylaktischem Werthe ist, als eine nachträgliche Erklärung von Vergiftungsfällen.

So reichhaltig die physiologische, toxikologische und hygienische Litteratur an Fällen von Kohlensäurevergiftung einerseits und an Beobachtungen von Einwirkung verminderter Sauerstoffmenge andererseits ist, so existiren dennoch wenige Be-

obachtungen über den combinirten Einfluss von Kohlensäureanhäufung und Sauerstoffmangel.

Theoretische Angaben über den noch zulässigen CO_2 Gehalt, finde ich folgende:

Lewin (Lehrbuch der Toxikologie) lässt erst bei 3—5% Vergiftungserscheinungen entstehen; bei 15% kann nach ihm der Tod eintreten. Offenbar wurde hierbei auf den Sauerstoffgehalt nicht Rücksicht genommen, da nach anderen Beobachtungen erst bei höherem Kohlensäuregehalt auffällige Erscheinungen beobachtet werden. Nach Regnault und Reiset werden Tensionen der CO_2 von 3—4% lange Zeit ohne Schaden ertragen. Nach Emmerich's Versuch wurde erst bei einem Kohlensäuregehalt von 6% eine üble Einwirkung, bestehend in Dyspnoe und Schwindel, bemerkt und selbst hier konnte es eine Person längere Zeit in dem mit CO_2 geschwängerten Raume aushalten. Bei 8% CO_2 erloschen bei diesem Experimente auch die Lichter.

Was den Sauerstoff betrifft, so wissen wir, dass erst bei 7,2% Sauerstoff, was einem Atmosphärendrucke von 260 mm entspricht, die Luftschiffer Crocé Spinelli und Sivel starben.

Ein Gehalt von 15% Sauerstoff, den Felix Leblanc [Ann. de chimie et phys. (3) XV.] in Bergwerken fand, ohne dass der Luft viel Kohlensäure beigemengt war, machte keine ernstliche Behinderung der Athmung.

Nach Friedländer und Herter's in der Zeitschr. für phys. Chemie, Bd. 3 niedergelegten Erfahrungen tritt erst bei einem Gehalte von 7% Sauerstoff bei Kaninchen Dyspnoe auf.

Brauchbare Angaben liefern uns die in Bergwerken gemachten Erfahrungen. Die sogenannte Minenkrankheit ist in vielen Fällen die reine Wirkung von Sauerstoffmangel und CO_2 Anhäufung, ohne dass CO oder andere Gase verantwortlich gemacht werden dürfen.

In dieser Beziehung sind eine Reihe von Untersuchungen von Interesse, die für den Arzt schwerer zugänglich sind, da sie im »Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen 1879« erschienen sind. Es sind dies die »Beobachtungen über die Beschaffenheit und Bewegung der

Grubenluft bei den königlichen Steinkohlenwerken im Plauen schen Grunde«, herausgegeben von Dr. Fleck, Bergmeister Förster und Markscheider Hausse. Nach den in dieser Arbeit angeführten Analysen zu schliessen, ist die Luft in dem mit Gasbadeofen versehenen Zimmer nach der Heizung um nichts besser, ja meist schlechter als die in Bergwerken zuweilen auftretende kohlensäurereiche Luft, Schwaden oder schweres Wetter genannt.

In der citirten Arbeit wird erwähnt, dass die kohlensäurereichste Luft, wie sie sich gelegentlich einer Reihe von Analysen in den Oberharzer Erzgruben vorfand, und zwar aus einem Grubenbau, in dem zwei Häuer unmittelbar vor der Probeentnahme Sprengungen vorgenommen hatten, folgende Zusammensetzung hatte.

	Grubenluft	Badezimmerluft
CO_2 %	2,29 %	2,7 %
O%-Verminderung	2,37 %	3,9 %

Der Durchschnitt aus 339 Analyen von Grubenluft englischer Erzgruben ergibt 0,7 % CO_2, in 48 Analysen aus den Plauenschen Gruben ergab sich 0,8 % CO_2 als Mittel, und zwar an den der Ventilation am wenigsten zugänglichen Plätzen.

Selbst die kohlensäurereichste Luft der Mordgrube zu Freiberg ergab nur 2,4 % CO_2 als Maximum.

Die angegebenen Luftverschlechterungen, die sogenannten schweren Wetter sind übrigens nicht so häufig, und man sucht sich ihrer Einwirkung möglichst zu entziehen. Schon in den 70er Jahren bestand in den Plauenschen Gruben die Verordnung, dass, sobald die Grubenluft ein Licht nur schwach brennen lässt, die betreffende Grube verlassen werden muss.

Ergänzt werden diese Angaben durch Seltmann's Beobachtungen (Ueber den Einfluss der schweren Grubenwetter auf die Gesundheit der Kohlenbergarbeiter).

Danach wurden acute Vergiftungsfälle mit tödlichem Ausgange während eines langen Zeitraums auf den fiskalischen Gruben Plauens nicht beobachtet. Dagegen gehörten Intoxikationen niederen Grades mit den Erscheinungen der Gehirnreizung zu den häufigsten Vorkommnissen. Es wurde anfangs Brustbeklemmung, dann Schwindel beobachtet. Besonders ausgesprochen traten die Erscheinungen an dem aus frischer Luft soeben angekommenen Bergmanne auf. Die Widerstandsfähigkeit zeigte grosse Schwankungen, manche ertrugen eine Luft, bei der das Licht bereits erlosch.

Derjenige Grad der Gasmischung, bei welchem eine Störung eintrat, wird verschieden angegeben, indess bezeichnen kundige Arbeiter und Beamte eine Grubenluft, welche einen Gehalt

von 0,5—1,23 % CO_2
» 20,0—17,8 % O besass

als deutlich erkennbare schwere Wetter.

Nach den bisherigen Darlegungen ist nun auch das Verdict über alle jene Heizapparate gesprochen, die bei grossem Gasconsum die Verbrennungsproducte nicht ableiten. Dies gilt in erhöhtem Maasse bei den Gasbadeöfen, da hier eine Steigerung der Wirkung eintritt infolge der meist geringen Dimensionen des Raumes. Das Bad, eine vom sanitären Standpunkte aus so sehr wünschenswerthe Einrichtung, darf nicht zu einem lebensgefährlichen Unternehmen werden.

Fast in allen Fällen, wo ich mich erkundigte um die Erfahrungen, die mit diesen fehlerhaften Gasbadeöfen von Seite der Familien gemacht wurden, bekam ich zu hören, dass die Luft schlecht würde, Kopfschmerz auftrat, der dann natürlich auf das Bad selbst geschoben wurde; einmal erhielt ich auch die bestimmte Angabe, dass ein Kerzenlicht in einem solchen Raume spontan erlosch.

Die Gasheizung an sich bietet keine besondere Gefahr, von dem seltenen Vorkommen einer Explosion im Apparate abgesehen, wohl aber die fehlerhaft construirten Apparate. Somit ist die Forderung berechtigt: Alle grösseren Gasheizapparate,

die keinen oder einen ungenügenden Abzug für die Verbrennungsgase besitzen, sollten staatlich verboten werden.

Herrn Geheimrath von Pettenkofer, aus dessen Laboratorium die Untersuchungen hervorgingen, der mit Rath und That diese Arbeit förderte, gebührt der wärmste Dank des Verfassers. Die gleiche Schuld des Dankes pflichte ich Herrn Professor Emmerich, dessen liebenswürdiger Anregung und werkthätiger Unterstützung ich mich fortwährend erfreute.

In der Deutschen Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege 1889, S. 604 hat Dr. C. Roller eine Abhandlung über »Die Gasbadeöfen und ihre gesundheitlichen Gefahren« veröffentlicht, welche mir leider erst nach Ausführung der oben mitgetheilten Untersuchungen und während der Drucklegung dieser Arbeit bekannt wurde.

Auch Roller fand in Badezimmern, in welchen das Bad vermittels der Gasbadeöfen hergestellt wurde, einen Kohlensäuregehalt von 1 bis 1,2 Vol.-Proc., während er in Uebereinstimmung mit meinen Untersuchungen Kohlenoxyd gewöhnlich nicht nachweisen konnte. Den Sauerstoffgehalt der Zimmerluft hat Roller nicht bestimmt.

Auch Roller kommt zu dem Schlusse, dass die gesundheitsschädlichen Folgen bei Anwendung von Gasbadeöfen hauptsächlich dem hohen Kohlensäuregehalt der Luft in den Badezimmern zugeschrieben werden müssen. Es ist ihm übrigens sehr wahrscheinlich, dass auch andere unvollkommene Verbrennungsproducte (Kohlenwasserstoffe etc.) hierbei eine Rolle spielen.